

Согласно закону Гука для ортотропных тел на границе раздела с жестким основанием имеем зависимость  $\sigma_x = (S_{12} / S_{11}) \sigma_y$ , что подтверждается расчетами по формулам для вычисления напряжений [1]. Для разных соотношений толщин покрытий произведен расчет напряжений  $\sigma_x = k\sigma_y$ .

### Список литературы

- 1 Можаровский, В. В. Прикладная механика слоистых тел из композитов / В. В. Можаровский, В. Е. Старжинский. – Минск : Наука и техника, 1988. – 280 с.
- 2 Реализация алгоритмов расчета напряженно-деформированного состояния элементов машин и трибологических систем / В. В. Можаровский [и др.] // Теоретическая и прикладная механика. – 2020. – № 35. – С. 37–44.

УДК 656.22

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК

*А. К. МОЗАЛЕВСКАЯ, Е. В. МАЛОВЕЦКАЯ*

*Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Динамика погрузки грузов на железных дорогах, несмотря на наличие внешних экономических и политических факторов, возрастает, оказывая существенное влияние на эксплуатационные показатели работы и распределение вагонного парка между железными дорогами, что, в частности, сказывается на значениях участковой скорости [1]. Значительное отклонение фактических показателей от планов показывает некоторую неточность получаемых прогнозных значений при использовании существующих методик, так как на практике достаточно сложно увидеть результаты работы систем и оценить качество прогнозов. Для разработки устойчивых прогнозов изменения транспортных потоков целесообразно применять метод многоэтапного системного прогнозирования, основанный на построении временных рядов [2–4], анализ которых можно проводить при помощи пакета прикладных программ [5], позволяющего в автоматическом режиме оценивать изменения вагонопотоков, которые поступают на стыковые пункты железных дорог Восточного полигона. Это позволит выдвинуть ряд предложений по повышению эффективности использования тягового и нетягового подвижного состава.

В предлагаемом докладе рассматриваются возможности применения комплексного прогнозирования при формировании пакетов прикладных программ.

Теория комплексного прогнозирования, которая объединяет неофициальные и формальные методы, всё еще нуждается в существенном развитии, поскольку введение статистических данных не дает в полном объеме отразить изменения в структуре, происходящие в транспортном комплексе Российской Федерации, в согласовании с намечаемыми и реализуемыми планами. Для анализа были взяты железнодорожные стыковые пункты Мариинск (Красноярская ж. д., Тайшет (ВСЖД), Петровский завод (ЗабЖД) и Архара (ДВЖД). Динамика размеров передачи вагонов по одному из исследуемых стыков (Мариинск) представлена на рисунке 1. По данным графиков достаточно хорошо прослеживаются значительные отклонения фактических размеров вагонопотоков от плановых.



Рисунок 1 – Размеры передачи вагонов по междорожному стыку Мариинск в 2021–2022 г.

Аналогичную картину можно увидеть при анализе сдачи поездов по другим исследуемым стыковому пунктам. Построение прогноза включает 5 стадий: предпрогнозная; аналитическая; сценарное прогнозирование; экспертная; корректировочная. Полученная модель является достаточно точной, так как средняя абсолютная ошибка (МАРЕ) составляет 1 %. Итогом корректировки является сопоставление модели и ряда с экспертной корректировкой. Модель, которая была построена методом сезонности и тренда, максимально точная, так как имеет наименьшее значение среднеквадратического отклонения [4].

Результатом проведенного анализа является разработанный программный продукт (рисунок 2), позволяющий в автоматическом режиме проводить анализ изменений вагонопотоков, поступающих на стыковые пункты железных дорог Восточного полигона, за расчетный период [5].

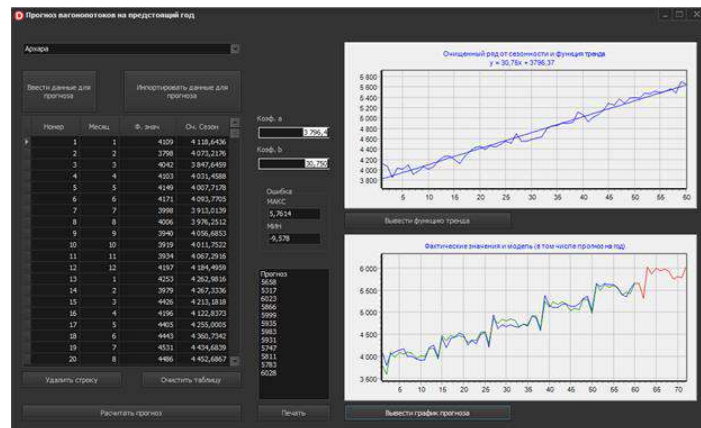


Рисунок 2 – Интерфейс диалогового окна программы расчета вагонопотоков на прогнозный период

Необходимо отметить, что построение прогноза вагонопотоков – первоначальный этап прогнозирования, на основе которого в дальнейшем можно осуществить ряд других задач. По итогам проводимого исследования при построении комплексной модели прогноза можно сделать ряд выводов: модель, построенная в нормальных (стабильных) условиях по историческим данным, дает достаточно точный прогноз; последние 4 года показали, что на систему могут значительно влиять другие факторы, не связанные с развитием самой системы, для учета которых в модель прогноза необходимо вводить дополнительные коэффициенты и критерии оценки прогноза.

Полученные результаты исследований показывают адекватность модели с учетом экспертной корректировкой прогноза. Получены максимально точные значения, что доказывает состоятельность прогнозов для первоначального этапа. Анализ работы стыковых пунктов наглядно показывает, что вопросам развития планирования и прогнозирования транспортных потоков уделяется недостаточно внимания. Также необходимо применение комплексного подхода при составлении прогнозов.

### Список литературы

- 1 Маловецкая, Е. В. Возможности повышения эффективности перевозочного процесса на основе построения комплексных прогнозных моделей загрузки инфраструктуры / Е. В. Маловецкая, А. К. Мозалевская // Т-Сomm: Телекоммуникации и транспорт. – 2023. – Т. 17, № 7. – С. 38–46. – DOI : 10.36724/2072-8735-2023-17-7-38-46.
- 2 Развитие и интеграция информационных технологий управления перевозочным процессом при создании Цифровой Генеральной схемы развития сети ОАО «РЖД» в рамках проекта «Цифровая железная дорога» / А. Ф. Бородин [и др.] // Бюллетень ученого совета АО «ИЭРТ». – 2021. – № 6. – С. 5–14.
- 3 Маловецкая, Е. В. Возможности применения моделей ARIMA при построении прогнозных значений вагонопотоков / Е. В. Маловецкая, А. К. Мозалевская // Т-Сomm: Телекоммуникации и транспорт. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 33–41. – DOI : 0.36724/2072-8735-2023-17-1-33-41.
- 4 Маловецкая, Е. В. Возможности корректировки вагонопотоков в адрес морских портов по средствам имитационного моделирования / Е. В. Маловецкая // Т-Сomm: Телекоммуникации и транспорт. – 2022. – Т. 16, № 10. – С. 36–42. – DOI : 10.36724/2072-8735-2022-16-10-36-42.
- 5 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022661676 Российская Федерация. Программа для определения технико-эксплуатационных показателей работы стыковой железнодорожной станции на основе использования статистических данных и вариантных прогнозных сценариев колебаний поступающих вагонопотоков № 2022660561 / Е. В. Маловецкая, А. В. Супруновский, А. К. Мозалевская. заявл. 07.06.2022; опубл. 24.06.2022 ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Иркутский гос. ун-т путей сообщения.